

Liquid Technology Services



RODZAJE WYSTĘPUJĄCEJ W OBIEGACH WODNO PAROWYCH KOROZJI I SPOSOBY JEJ ZAPOBIEGANIA

Sławomira Wnuk
Liquid Technology Services Sp. z o.o.
www.liquidts.pl

Kongres Produkcji i Technologii
26 – 27.10.2010 WROCŁAW



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Korozja powoduje duże straty w gospodarce.

Można je wyrazić:

- jako 2-5% dochodu narodowego brutto,
- jako 50 – 250\$ rocznie na osobę,
- jako 20 – 30% rocznej produkcji stali.

Mówiąc o korozji, oprócz strefy ekonomicznej musimy pamiętać również o aspekcie bezpieczeństwa.

Wykorzystując posiadaną wiedzę z zakresu korozji elektrochemicznej jesteśmy w stanie ograniczyć straty korozyjne bez dodatkowych inwestycji, nawet o 40%.

Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Korozja jest to stopniowe niszczenie tworzyw metalowych i niemetalowych pod wpływem chemicznego i elektrochemicznego oddziaływania środowiska w wyniku którego zmieniają się stan i właściwości niszczonego tworzywa .

Zjawisko korozji w potocznym rozumieniu rozpatruje się jako utlenianie powierzchni metali, ale zniszczenia korozyjne mogą się objawiać również w inny sposób powodując pękanie lub obniżenie wytrzymałości mechanicznej lub ciągliwości metali.

Liquid Technology Services



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Korozja elektromechaniczna - najczęściej odnoszona do metali, spowodowana niejednorodnością i różnicą potencjałów na powierzchni. Podlega takim samym zależnościom jak reakcje w ogniwach galwanicznych, stąd terminologia jak w elektrochemii.

Korozja chemiczna - proces chemicznego utleniania metali w suchych gazach oraz ciekłych środowiskach nie mających charakteru elektrolitu. Utlenianie metalu, redukcja utleniacza i powstanie produktu odbywa się w tym samym miejscu powierzchni metalu bez przepływu swobodnych elektronów przez granicę faz.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Rodzaje korozji:

1. **Korozja równomierna (ogólna)**- jest to ogólnie znane najczęściej powierzchniowe nisko- oraz wysokotemperaturowe utlenianie żelaza/metali. Bardzo małe rozmiary ogniw, na całej powierzchni występują miejsca anodowe i katodowe zmieniając swe położenie w czasie.
2. **Korozja wżerowa** – jest to rodzaj lokalnego oddziaływania korozyjnego, charakteryzująca się tym, że szybkość korozji w pewnych obszarach powierzchni jest większa niż w innych. Jeśli to oddziaływanie korozyjne jest ograniczone do stosunkowo małych obszarów to powstają głębokie wżery.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

3. **Korozja selektywna** – jest wynikiem uszkodzenia jednego lub więcej składników stopu, pozostawiając porowatą pozostałość a zachowując pierwotny kształt stopu. Najczęściej spotykaną odmianą korozji selektywnej jest odcynkowanie mosiądzu, który ma wtedy mniejszą wytrzymałość na rozciąganie. Korozja ta atakuje skraplacze pary, wymienniki regeneracji niskoprężnej, chłodnice.
4. **Korozja międzykrystaliczna** – jest to rodzaj korozji lokalnej przebiegającej na granicach ziaren metalu, co powoduje obniżenie jego wytrzymałości i ciągliwości. Przebieg korozji jest często bardzo szybki a proces sięga głęboko w masę metalu.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

5. **Korozja naprężeniowa** – może zachodzić wtedy gdy metal poddawany jest jednocześnie działaniu stałych naprężeń oraz czynnika agresywnego w miejscach gdzie metal nieosłonięty jest warstewką ochronną a odsłonięta stal koroduje nawet przy optymalnym składzie wody. Uszkodzenie ma charakter międzykrystaliczny. W kotle najczęściej występuje na króćcach przy komorach, na kolanach rur parownika oraz podgrzewacza wody w obojętnej strefie gięcia.

6. **Korozja zmęczeniowa** – jest to rodzaj uszkodzeń w materiałach poddawanych powtarzającym się zmiennym naprężeniom mechanicznym i cieplnym przy jednoczesnym działaniu środowiska agresywnego w miejscach gdzie metal nieosłonięty jest warstewką ochronną. Uszkodzenie ma charakter pęknięć śródkrystalicznych (pęknięcia osiowe i równoległe mniej lub bardziej głębokie).



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Ad 5 i 6 Najczęściej występujące rodzaje korozji w układzie przepływowym turbiny . Najczęstszymi uszkodzeniami są pęknięcia łopatek roboczych i kół nasadzanych w składanych wirnikach oraz wrębach łopatkowych. Wygląd złomów korozyjnych wskazuje na korozję naprężeniową i korozję zmęczeniową, większość złomów występuje na krawędziach wlotowych oraz rzadziej wylotowych i zaczyna się płytkimi wżerami.

Korozja niskotlenowa, korozja wysokotemperaturowa i niskotemperaturowa to są rodzaje korozji chemicznej występującej na kotle i atakującej powierzchnie wymiany ciepła od strony zewnętrznej, prowadzące również do zniszczenia rur kotłowych.

Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

- 7. Korozja podszlamowa** - jest to niszczenie metalu pod warstwą osadu. W pobliżu płytkich wżerów lub uszkodzeń warstewki ochronnej gromadzą się produkty korozji oraz osady różnych soli, które znalazły się w obiegu wodno parowym najczęściej z układu zasilającego oraz z nieszczelności skraplaczy lub nieprawidłowej/nieskutecznej korekcji wody. Proces przebiega wg mechanizmu korozji elektrochemicznej w wyniku którego następuje obniżenie własności mechanicznych oraz kruche pęknięcia.
- 8. Korozja ługowa** (wysokiego pH) lub **korozja kwasowa** (niskiego pH) - powodują niszczenie warstewek ochronnych w wyniku możliwości rozpuszczania się tlenków żelaza w środowisku kwaśnym lub alkalicznym.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

9. **Korozja „gorącej wody”** – proces zachodzący w parowniku kotła od strony powierzchni wewnętrznej. W przypadku, kiedy warstwa ochronna jest nieszczelna powstają wżery (ubytek grubości ścianki) wypełnione produktami korozji oraz w wyniku rozkładu wody powstaje atomowy wodór reagujący z węglem zawartym w cementycie. Następuje wtedy degradacja struktury pod wżerami wpływająca na obniżenie plastyczności, co powoduje uszkodzenia kruche, a w przypadku większych obszarów porażonych wżerami powierzchniowymi występuje nieszczelność aż do wyrwania całych płatów. Uszkodzenia występują w miejscach o zburzonym przepływie mieszanki parowo-wodnej np. łuki, połączenia spawane. Proces ulega intensyfikacji przy obecności w wodzie kotłowej zawieszin substancji stałych (TSS)- są to najczęściej związki Cu i Fe oraz jonów Cl^- , SO_4^{2-} .



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

10. Kawitacja – jest wynikiem tworzenie się i zanikania pęcherzyków gazu lub pary, uderzających z wielką siłą w powierzchnie omywanych części. Powierzchnia omywanych części jest szorstka. Pojedyncze i powiązane ze sobą wżery, wydrążenia i wyżłobienia prowadzą do powstania zniszczeń o strukturze gąbczastej. Korozja kawitacyjna zależy od postępu niszczenia warstewek ochronnych, turbulencji, efektów wirujących i oddziaływania splukującego, wtórnych procesów korozyjnych nasilających się w obecności agresywnych składników w wodzie. Kawitacja występuje przede wszystkim w pompach i rurociągach wodnych oraz w turbinach wodnych, również na łopatkach turbin.

Liquid Technology Services



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

11. Erozja - jest procesem fizycznym lub fizykochemicznym niszczącym powierzchniowe warstwy metalu, występuje najczęściej w tych elementach gdzie szybko przepływa woda i powoduje mechaniczny ubytek ścianki aż do przekroczenia wartości dopuszczalnych, prowadzący do wzrostu naprężeń. Zniszczone w ten sposób powierzchnie są czyste. Ten rodzaj korozji jest najczęściej spotykany na węzownikach podgrzewacza wody, w podgrzewaczach regeneracyjnych, i na łopatkach części niskoprężnej turbiny w strefie pary nasyconej, również w skraplaczach.

Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

12. Korozja postojowa – ma podobny przebieg i podlega tym samym procesom jak korozja atmosferyczna. Może być: sucha, wilgotna i mokra. Różnica wynika z ilości elektrolitu występującego na powierzchni metalu. Na szybkość przebiegu korozji ma wpływ: wilgoć/ilość wody, tlen i zanieczyszczenia w postaci gazów czy soli. Wilgoć w postaci skondensowanej cienkiej warstewki wody i tworzące elektrolit gazy i sole umożliwiają przebieg procesów korozji elektrochemicznej. Przy kilku czy kilkunastomilimetrowej warstewce wody na powierzchni metalu w kotle może dojść do ogniw stężeniowych, korozji na granicy faz ciecz-powietrze, korozji szczelinowej w wypadku powstania defektu w warstwie ochronnej podczas odstawiania bloku oraz w miejscach połączeń spawanych, korozji galwanicznej wtedy gdy w osadach występuje metaliczna miedź. Szczególnie narażone na korozję postojową są nieodwadniane układy i elementy kotła (przegrzewacze, regeneracje nisko i wysokoprężna, zbiorniki, skraplacz, turbina).



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

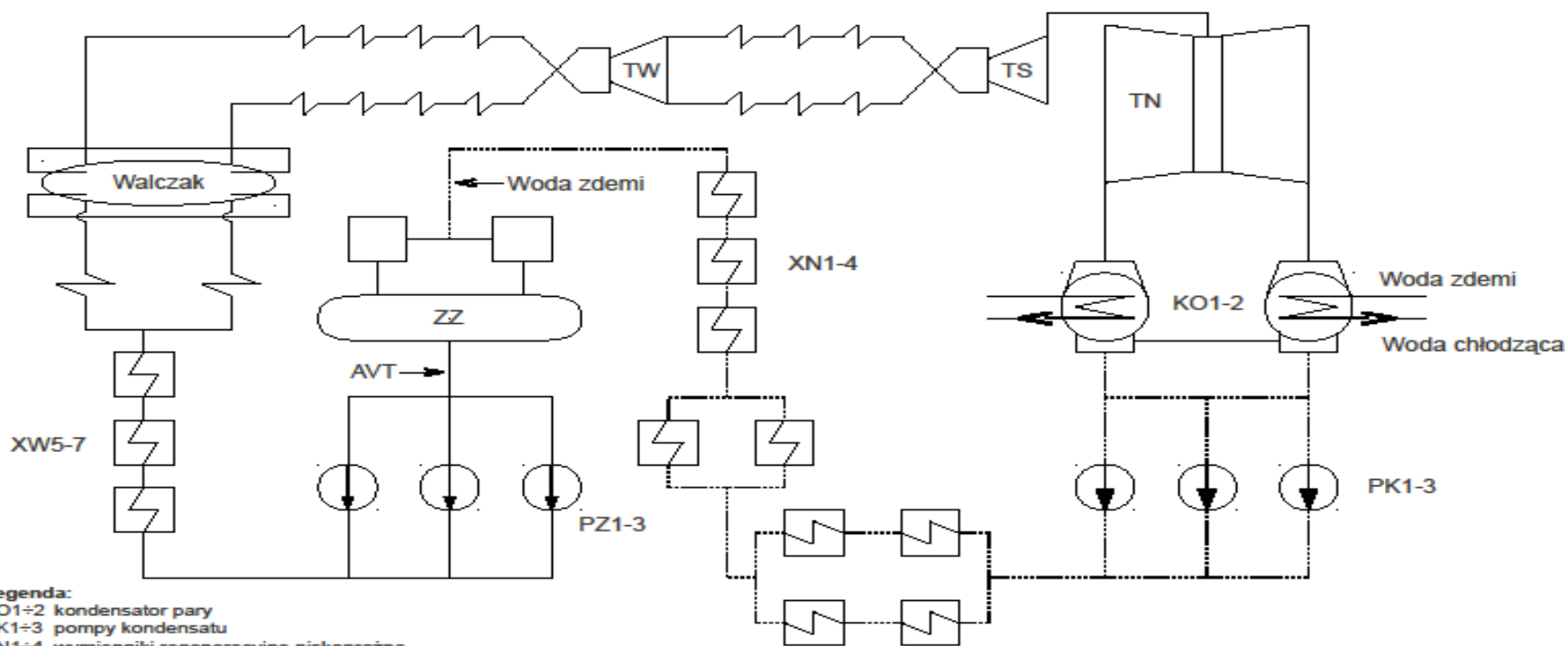
Ochrona metali przed korozją

Ze względu na ogromne straty jakie ponosi gospodarka wskutek korozji, opracowano wiele metod zapobiegania a przynajmniej hamowania tego niepożądanego zjawiska . Do najważniejszych metod ochrony antykorozyjnej można zaliczyć:

- elektrochemiczną ochronę katodową i protektorową
- metaliczne i niemetaliczne powłoki
- ochronne dyfuzyjne ulepszanie metali
- stosowanie inhibitorów

Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Schemat obiegu wodno-parowego dla bloku 200 MW



Legenda:

- KO1÷2 kondensator pary
- PK1÷3 pompy kondensatu
- XN1÷4 wymienniki regeneracyjne niskoprężne
- ZZ zbiornik wody zasilającej
- PZ1÷3 pompy wody zasilającej
- XW5÷7 wymienniki regeneracyjne wysokoprężne
- I,II,III,IV przegrzewacze pary
- TW, TS, TN - turbina odpowiednio :
 - część wysokoprężna (TW),
 - część średnioprężna (TS),
 - część niskoprężna (TN)

Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Dopuszczalne zanieczyszczenia w obiegu wodno – parowym bloku 200MW

Lp	Parametry Czynnik badany	Jednostki	Woda zasilająca	Woda kotłowa	Para nasycona	Kondensat
1	Przewodność w temp. 25 °C	μS/ cm	---	≤ 50	---	2,0 ÷ 4,0
2	Przewodność kwasowa w temp. 25 °C	μS/ cm	≤ 0,2	---	≤ 0,2	≤ 0,4
3	Wartość pH w temp. 25 °C		8.0 ÷ 9,0	9,0 ÷ 10,0		> 7,0
4	Zasadowość (p/m)	mval/dm ³	---	0,03 ÷ 0,10	---	----
5	Zawartość sodu (Na)	mg/dm ³	≤ 0,01	---	≤ 0,01	≤ 0,01
6	Zawartość żelaza (Fe)	mg/dm ³	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,02
7	Zawartość miedzi (Cu)	mg/dm ³	≤ 0,005	---	≤ 0,003	≤ 0,005
8	Zawartość krzemionki (SiO ₂)	mg/dm ³	≤ 0,02	≤ 0,40	≤ 0,02	≤ 0,02
9	Zawartość tlenu (O ₂)	mg/dm ³	≤ 0,02	---	---	≤ 0,10
10	Zawartość chlorków (Cl)*	mg/dm ³	---	≤ 0,30	---	---
11	Zawartość amoniaku (NH ₃)	mg/dm ³	---	---	---	0,3 ÷ 0,8
12	Zawartość fosforanów (P ₂ O ₅)	mg/dm ³	---	2,5 ÷ 3,5	---	---
13	Zawartość substancji organicznych (TOC)	mg/dm ³	≤ 0,2	---	---	---



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Uszkodzenia korozyjne w kotłach

Warunki pracy metalu tworzącego powierzchnie ogrzewalne kotła poddawane są często zmieniającym się działaniem wysokich naprężeń i temperatury podlegając jednocześnie wpływom agresywnego środowiska.

Procesy korozyjne w kotle są powodowane:

- czystością wody kotłowej
- obciążeniami cieplnymi – szczególnie zmiennością tych obciążeń
- zmiennością obciążeń hydraulicznych
- sposobem korekcji chemicznej wody zasilającej i wody kotłowej
- niedotrzymywaniem wartości reżimu chemicznego
- zanieczyszczeniami wewnętrznymi powierzchni rur kotłowych



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Na wewnętrznych powierzchniach rur kotłowych najczęściej występują:

- korozja „gorącej wody” – proces zachodzi intensywnie gdy na metal działają dwa czynniki:
 - zaburzenia odparowywania - niszczenie warstewki ochronnej, obecność porowatych osadów
 - brak możliwości odbudowania szczelnej warstewki ochronnej w wyniku niedobrania korekcji wody kotłowej do cieplnych warunków pracy metalu
- korozja ługowa – wysokiego pH
- korozja kwasowa – niskiego pH



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Uszkodzenia rur przegrzewaczy pary

Wraz z zawilgoconą parą z kotła do rur przegrzewaczy pary wynoszone są sole, często za sprawą ich podwyższonej rozpuszczalności przy wyższych parametrach ciśnienia i temperatury ale również za sprawą niewłaściwej pracy układu separacji pary w walczaku. Również porywane są i inne zanieczyszczenia („tlenki wędrujące”).

Wypadające w przegrzewaczach osady powodują: pogorszenie wymiany ciepła, podniesienie temperatur węzownic i ich nierównomierny od 575 – 595⁰C rozkład, w efekcie nieszczelność rur.

Każde 0,03mm grubości tlenków podwyższa temperaturę ścianki o około 1⁰C. Przy warstwie tlenków rzędu 1 mm przyrost temperatury rur przegrzewacza wyniesie 33⁰C.

Jeśli produkty korozji będą się łuszczyły, wystąpi miejscowe zmniejszenie przekroju rury lub praca kotła ze zmiennym obciążeniem (np w ARCM) - to produkty korozji mogą ograniczyć przepływ czynnika, do niedrożności włącznie.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Korozyjne uszkodzenia elementów przepływowych turbiny

Głównymi przyczynami uszkodzeń korozyjnych elementów przepływowych turbiny są trudne mechaniczne i fizykochemiczne warunki pracy. Przy wszystkich wodnych reżimach i jakości pary o zawilgoceniu $3 \div 4\%$ istnieje możliwość wydzielania się osadów oraz występowania i zagęszczania się agresywnych środowisk.

Zanieczyszczenia układu przepływowego turbiny mogą być dwojakiego rodzaju:

- twarde nieagresywne osady powodujące zmianę kształtu kanałów, co może wpływać na obniżenie sprawności turbiny,
- osady zawierające agresywne związki jak Cl^- , SO_4^{2-} , OH^- , które w obecności wilgoci mogą powodować występowanie uszkodzeń korozyjnych.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Często przyczyną uszkodzeń łopatek jest jednoczesne działanie, zwłaszcza w stanach nieustalonych na metal wysokich naprężeń stałych lub zmiennych w środowisku agresywnym (w roztworach wodnych zawierających związki typu NaCl, Na₂SO₄, NaOH, SiO₂ itp)

Korozja o charakterze elektrochemicznym mająca charakter korozji naprężeniowej lub zmęczeniowej prowadząca do uszkodzeń łopatek może zachodzić w przypadku jednoczesnego wystąpienia podanych niżej czynników:

- materiał charakteryzuje się niską odpornością na zmęczenie i małą podatnością na odkształcenie
- występują naprężenia zmienne, których wartość jest zbliżona do granicy plastyczności metalu i przekracza wytrzymałość warstwy ochronnej,
- obecność środowiska agresywnego tj elektrolitu w postaci wodnego roztworu zawierającego rozpuszczone sole, z których najbardziej niebezpieczne są związki Na, Cl, tlenki metali, krzemiany itp.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Istotny wpływ na przebieg korozji naprężeniowej i zmęczeniowej występującej na łopatkach ma:

- Mechaniczne obciążenie elementów turbiny
- Skład chemiczny, stan powierzchni i rodzaj obróbki cieplnej metalu.
- Środowisko, w którym te elementy pracują. Problem środowiska (przegrzana lub nasycona para, zawartość soli w początkowej strefie kondensacji, warunki elektrochemiczne) jest problemem czysto chemicznym.

Intensywność procesów korozyjnych w parze wilgotnej ze wzrostem temperatury od 70 ÷ 100°C wzrasta dziesięciokrotnie. Tłumaczy się to obniżeniem trwałości pasywnej warstwy magnetytowej szczególnie w obecności chlorków.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Podgrzewacze regeneracyjne i inne wymienniki ciepła

Rury podgrzewaczy regeneracyjnych niskoprężnych i wymienników ciepła do ciśnienia 20 atn najczęściej wykonane są z mosiądzu, miedzi, stopów miedzi z niklem o lepszej odporności na korozję w temp. 60 – 150°C.

Rury z miedzi i jej stopów w obiegu zasilającym ulegają erozji korozyjnej ze względu na mechaniczne oddziaływanie szybko płynącej wody w podwyższonej temperaturze i wskutek obecności agresywnych zanieczyszczeń: NH_3 , O_2 , CO_2 . Przy prędkościach przepływu do 1m/s, na omywanych powierzchniach rur występuje jeszcze warstwa graniczna, w której może tworzyć się warstwa ochronna.

Przy prędkościach większych wskutek zawirowań, dochodzi do niszczenia warstwy granicznej i zakłóceń w tworzeniu warstw ochronnych. Jeżeli prędkość przepływu przekracza 3m/s, to w krótkim czasie następuje mechaniczne ich zniszczenie. Możemy to pośrednio ocenić przez wzrost stężenia miedzi w poszczególnych rodzajach wód.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Podgrzewacze regeneracyjne wysokoprężne pracujące pod ciśnieniem znamionowym 150 – 400 atn w temp. 150 – 320⁰C ulegają najczęściej erozji korozyjnej

Zanieczyszczenia odkładające się na powierzchniach wymiany ciepła w podgrzewaczach są produktami korozji układu wodno parowego. Ilość osadów osadzających się na powierzchniach wymiany ciepła jest miarą intensywności procesów korozyjnych.

Na przebieg procesów korozyjnych mają wpływ :

- warunki pracy bloku w tym sposób korekcji chemicznej
- korozja postojowa



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Sposoby zapobiegania korozji w układach wodno parowych

W chemii energetycznej jest tak, że pozytywne lub negatywne skutki stosowania określonego reżimu, określonej technologii korekcji obserwujemy po kilkuletnim okresie eksploatacji.

Konieczny jest kompromis techniczny między ceną stosowania metali bardzo odpornych na korozję, erozję, wysokie temperatury a zwiększeniem trwałości części i urządzeń.

Konieczny jest również kompromis między oczekiwaną wysoką czystością czynnika obiegowego i potrzebą zabezpieczenia kotła i turbiny przed uszkodzeniami a innymi uwarunkowaniami eksploatacyjnymi.

**Dlatego decyduje rachunek ekonomiczny.
Często spełniane są tylko w miarę możliwości warunki niezawodnej pracy.**



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

1. Zapobieganie uszkodzeniom poprzez dobór materiałów konstrukcyjnych (metalów lub stopów do wykonania ich części i właściwa ich konstrukcja) do warunków pracy w określonym środowisku.
2. Eliminacja błędów w projektowaniu, niedociągnięć w wykonawstwie konstrukcji i zabezpieczeń antykorozyjnych na bieżąco w trakcie prac projektowych, montażowych i rozruchowych.
3. Zagwarantowanie i utrzymywanie właściwej jakości wody zasilającej i kotłowej zgodnie z opracowanymi wymaganiami w oparciu o normy lub wytyczne.
Wymagania dotyczące jakości wody zasilającej i kotłowej jakie muszą być spełnione dla zapewnienia pracy urządzeń na bezpiecznym z uwagi na fizyko-chemiczne warunki pracy poziomie są zawarte w:



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

- Polska Norma PN-EN 12952-12:2006 „Kotły wodnorurkowe i urządzenia pomocnicze, Część 12: Wymagania dotyczące jakości wody zasilającej i wody kotłowej”.
- Wytyczne VGB Power Tech VGB-R- 450 Second Edition 2004 – „Guideline for feed water, boiler water and steam quality for power plants/industrial plants”
- Wytyczne Electric Power Research Institute (EPRI):
 - Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Phosphate Continuum and Caustic Treatment, 2004 r.
 - Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: All Volatile Treatment (AVT), 2002 r.
 - Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Oxygenated Treatment (OT) 1004925, 2005 r.
 - Cyclic, Startup, Shutdown, and Layup Fossil Plant Cycle Chemistry Guide-lines for Operators and Chemists, 2009 r.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Wytyczne EPRI prezentują zmieniony sposób podejścia do kontroli obiegów wodno parowych i sposobu reagowania na zakłócenia w parametrach chemicznych w odniesieniu do bieżącego stanu pracy urządzeń (uruchomienie, odstawienie czy bieżąca praca) aby w jak najkrótszym czasie przywrócić optymalne parametry pracy układu parowo wodnego.

4. Przygotowanie urządzeń i układów do eksploatacji

Właściwe przygotowanie urządzeń i układów do eksploatacji poprzez przeprowadzenie operacji chemicznego oczyszczania - w zależności od potrzeb: odtłuszczenia, trawienia, dmuchania, pasywacji i pozytywne ich rezultaty.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

5. Wytworzenie na powierzchniach wewnętrznych układu wodno parowego w początkowym etapie eksploatacji jednorodnych, szczelnych, trwałych warstewek ochronnych/ pasywnych.

W niskich temperaturach na powierzchniach żelaza tworzą się ochronne warstwy wodorotlenków żelaza $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Szybkość rozpadu wodorotlenku żelaza zwiększa się ze wzrostem temperatury. W temperaturze powyżej 230°C szybkość rozpadu wodorotlenku żelaza jest większa niż jego powstawania. W wyniku tego magnetyt Fe_3O_4 tworzy się bezpośrednio w reakcji między żelazem a gorącą wodą.

Dla wytworzenia szczelnej warstewki niezbędne jest alkalizowanie wody. Trwałość warstw ochronnych zależy od wielkości pH i stężenia jonów agresywnych przede wszystkim chlorków i siarczanów.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

6. Utrzymywanie parametrów reżimowych.

W celu zmniejszenia procesów korozyjnych konieczne jest utrzymywanie wysokiej czystości czynnika obiegowego w układzie wodno parowym poprzez właściwie dobrany, należycie realizowany i kontrolowany reżim wodno-chemiczny.

Im wyższe ciśnienia pracy kotłów i obciążenia cieplne ich powierzchni tym wyższe wymagania dotyczące jakości czynnika. Na jakość wody kotłowej głównie wpływa jakość wody zasilającej, w której największą część stanowi kondensat.

W ustalonych reżimach chemicznych stosuje się korekcję kondensatu, wody zasilającej i wody kotłowej.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

Najczęściej spotykane w energetyce rodzaje korekcji

- hydrazynowo- fosforanowa (obecnie hydrazyna zastępowana jest przez karbohydrazyd),
- z zastosowaniem kompozycji amin,
- z zastosowaniem amin i fosforanów ,
- korekcja KOMBI z zastosowaniem tlenu i amoniaku.

Reżim KOMBI zalecany jest do kotłów przepływowych i walczakowych i polega na alkalizacji wody zasilającej kocioł przed pompami kondensatu za pomocą amoniaku, dozowaniu tlenu, który ma za zadanie regenerować uszkodzone warstwy ochronne magnetytu. Warunkiem podstawowym stosowania tego reżimu jest zabudowana w układzie stacja uzdatniania kondensatu gwarantująca zasolenie poniżej $0,1\mu\text{S}/\text{cm}$. W przypadku występowania w wodzie różnych soli tlen ma działanie przyspieszające korozję.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

7. Zabezpieczanie układów wodno parowych na okresy postojów.

O wyborze technologii konserwacji suchej czy mokrej na okres postoju powinien decydować czas postoju (krótkie i długie) i zakres prac:

- Konserwacja gazowym azotem: możliwość natychmiastowego zastosowania, łatwość manipulacji i nieszkodliwość dla zdrowia. Wadą – konieczność zachowania szczelności.
- Technologia suchej konserwacji polega na usunięciu wilgoci z układu, może być dodatkowo wspomagana przez naniesienie na ścianki inhibitora. Należy unikać zawilgocenia powierzchni wewnętrznych urządzeń.
- Technologia konserwacji mokrej z użyciem środków alkalizujących. Można do tego celu zastosować: amoniak +, środki redukujące tlen (hydrazyna, siarczyn sodu), inhibitory aminowe.



Rodzaje występującej w obiegach wodno parowych korozji i sposoby jej zapobiegania

1. Adam Jakubik „Uszkodzenia niemechaniczne urządzeń cieplnych” WNT 1974
2. Alfred Śliwa, Paweł Gawron „Wpływ procesów korozyjnych zachodzących w obiegach wodno-parowych bloków energetycznych na trwałość urządzeń” Materiały konferencyjne - *Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń. Pronovum 2004*
3. Sławomira Wnuk, Grażyna Kalbarczyk, Marian Maciejko, Krystian Filipczyk „Doświadczenia z wprowadzaniem reżimu Kombi na blokach energetycznych o mocy 500MW” Materiały konferencyjne - *Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń. Pronovum 2004*
4. Jerzy Dobosiewicz „Wpływ jakości wody zasilającej i kotłowej na trwałość powierzchni ogrzewalnych” Materiały konferencyjne - *Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń. Pronovum 2006*
5. Alfred Śliwa, Paweł Gawron „Wpływ czystości wody kotłowej na uszkodzenia rur w rejonach przewężeń na łukach i odcinkach pochyłych” Materiały konferencyjne - *Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń. Pronovum 2006*
6. Filip Klepacki „Wpływ korozji naprężeniowej i zmęczeniowej na awaryjność kotłów” Materiały konferencyjne - *Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń. Pronovum 2006*
7. Filip Klepacki, Alfred Śliwa „Osady miedzi na powierzchniach ogrzewalnych kotłów” Materiały konferencyjne - *Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń. Pronovum 2008*
8. Paweł Gawron „wpływ osadów na trwałość rur ekranowych kotłów z obiegiem naturalnym” Materiały konferencyjne - *Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń. Pronovum 2010*

Dziękujemy za uwagę 😊

Liquid Technology Services

